

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-235123

(43)Date of publication of application : 29.08.2000

(51)Int.Cl.

G02B 6/12
G02B 6/293

(21)Application number : 11-036166

(71)Applicant : HITACHI CABLE LTD

(22)Date of filing : 15.02.1999

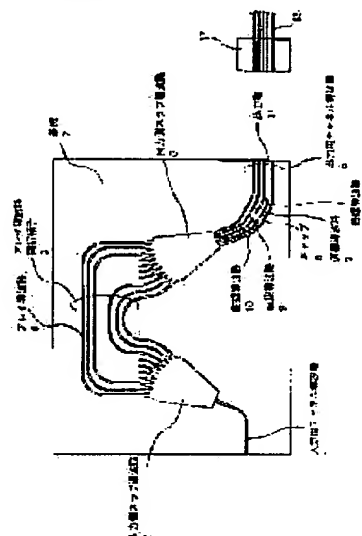
(72)Inventor : MARU KOICHI

(54) OPTICAL WAVELENGTH MULTIPLEXER/DEMULTIPLEXER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical wavelength multiplexer/demultiplexer which is high in yield at the time of optical fiber connection and lessens the loss variation between channel waveguides for output.

SOLUTION: Loss increasing parts 8 for increasing the loss of signal light are disposed in mid-way of the respective channel waveguides 6 for output, by which the variation in the loss at the time of the optical fiber connection is suppressed. The diffraction of the signal light is induced by changing the width of a part of cores or disposing discontinuous parts of refractive indices, by which the electric power of a waveguide mode which is the form of the light propagating in the channel waveguides 6 for output without loss is partly scattered and the variation in the loss is suppressed. The device is provided with the portions where the waveguide mode of the signal light is discontinuous, by which the electric power of part of the incident signal light on the discontinuous parts shifts to another waveguide (radiation) mode and, therefore, the electric power of the waveguide mode attenuates and the variation of the loss is suppressed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.10.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-235123

(P2000-235123A)

(43) 公開日 平成12年8月29日 (2000.8.29)

(51) Int.Cl.⁷

G 0 2 B 6/12
6/293

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12
6/28

ターム(参考)

F 2 H 0 4 7
D

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-36166

(22) 出願日 平成11年2月15日 (1999.2.15)

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区大手町一丁目6番1号

(72) 発明者 丸 浩一

茨城県日立市日高町5丁目1番1号 日立

電線株式会社オプトロシステム研究所内

(74) 代理人 100068021

弁理士 網谷 信雄

Fターム(参考) 2H047 KA02 KA04 KA12 LA01 LA19

PA12 PA21 PA24 QA04 TA00

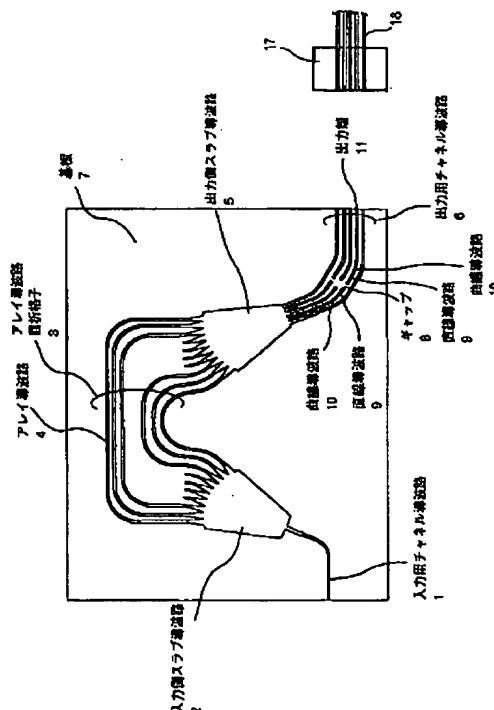
TA42

(54) 【発明の名称】 光波長合分波器

(57) 【要約】

【課題】 光ファイバ接続時の歩留まりが高く、出力用チャネル導波路間における損失ばらつきが少ない光波長合分波器を提供する。

【解決手段】 信号光の損失を増加させる損失増加部8を各出力用チャネル導波路6の途中に設けることにより、光ファイバ接続時の損失のばらつきが抑えられる。コア12の一部の幅を変えたり、屈折率の不連続部を設けて信号光の回折を生じさせることにより、出力用チャネル導波路6を損失なく伝搬する光の形態である導波モードの電力の一部が散乱し、損失のばらつきが抑制される。信号光の導波モードが不連続となる部分を設けることにより、その不連続部に入射した信号光の一部の電力が、他の導波(放射)モードに移行するため、導波モードの電力が減衰し、損失のばらつきが抑制される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に配置された複数のアレイ導波路からなるアレイ導波路回折格子と、該アレイ導波路回折格子の入力側に配置された少なくとも 1 本の入力用チャネル導波路と、該入力用チャネル導波路と上記アレイ導波路回折格子との間に配置された入力側スラブ導波路と、上記アレイ導波路回折格子の出力側に配置された複数の出力用チャネル導波路と、該出力用チャネル導波路と上記アレイ導波路回折格子との間に配置された出力側スラブ導波路とを備えた光波長合分波器において、上記複数の出力用チャネル導波路の少なくとも 1 本の出力用チャネル導波路の途中に、上記入力用チャネル導波路から入力した信号光の損失を増加させる損失増加部が設けられていることを特徴とする光波長合分波器。

【請求項 2】 上記損失増加部は、上記出力用チャネル導波路を構成するコアの形状が不連続な形状不連続部あるいは上記コアの屈折率が不連続な屈折率不連続部で構成されている請求項 1 に記載の光波長合分波器。

【請求項 3】 上記損失増加部は、上記入力用チャネル導波路から入力した信号光の導波モードが不連続となる導波モード不連続部で構成されている請求項 1 に記載の光波長合分波器。

【請求項 4】 上記損失増加部は、上記出力用チャネル導波路を構成するコアよりも屈折率が小さいか、あるいは該コアの周囲に存在するクラッド材と同じ材質の領域が設けられている請求項 1～3 のいずれかに記載の光波長合分波器。

【請求項 5】 上記損失増加部は、上記出力用チャネル導波路を構成するコアの幅よりも広いコア幅を有するか、あるいは上記コアよりも屈折率の大きい領域が設けられている請求項 1～3 のいずれかに記載の光波長合分波器。

【請求項 6】 上記損失増加部は、熱照射により上記コアの内部の添加物を拡散させて屈折率を小さくした領域が設けられている請求項 1～3 のいずれかに記載の光波長合分波器。

【請求項 7】 上記出力用チャネル導波路は、上記損失増加部を挟み込むように、2 か所の曲線導波路部を有し、該曲線導波路部はシングルモード導波路である請求項 1～6 のいずれかに記載の光波長合分波器。

【請求項 8】 上記出力用チャネル導波路は、上記出力側スラブ導波路の線対称軸から外側に配置されたものほど、上記損失増加部による損失増加量が小さい請求項 1～7 のいずれかに記載の光波長合分波器。

【請求項 9】 上記複数の出力用チャネル導波路に信号光を入力し、上記入力用チャネル導波路から波長多重光を取り出し光波長合分波器として用いた請求項 1 から 8 のいずれかに記載の光波長合分波器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信の分野において波長多重伝送を行う際に用いられる光波長合分波器に関し、特にアレイ導波路回折格子型の光波長合分波器に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信の分野においては、複数の信号を別々の波長の光にのせ、1 本の光ファイバで伝送して情報容量を増加する、波長分割多重方式が検討されている。この方法では、異なる波長の光を合分波する光波長合分波器が重要な役割を果たしている。中でも、アレイ導波路回折格子を用いた光波長合分波器は、狭い波長間隔の合分波を実現することが可能であり、通信容量の多重数を容易に大きくできるという利点がある。

【0003】図 7 は従来のアレイ導波路回折格子型光波長合分波器の平面図である。

【0004】この光波長合分波器は、複数のチャネル導波路（以下「アレイ導波路」という）4 で構成されているアレイ導波路回折格子 3 の入力側には入力用チャネル導波路 1 及び入力側スラブ導波路 2 が接続されている。アレイ導波路回折格子 3 の出力側には出力用チャネル導波路 6 及び出力側スラブ導波路 5 が接続されている。

【0005】N 本の出力用チャネル導波路 6 を有するアレイ導波路回折格子型光波長合分波器は、1 本の入力用チャネル導波路 1 に波長 λ_1 、 λ_2 、…、 λ_N である N 個の光信号を多重化した光信号が入力されると、k 番目（ $1 \leq k \leq N$ 、k は整数）の出力用チャネル導波路 6 から波長 λ_k の光信号が出力される分波機能を有する。

【0006】また、N 本の入力用チャネル導波路 1 を有するアレイ導波路回折格子型光波長合分波器は、k 番目（ $1 \leq k \leq N$ 、k は整数）の入力用チャネル導波路 1 に波長 λ_k の光信号が入力されると、ある 1 本の出力用チャネル導波路 6 から λ_1 、 λ_2 、…、 λ_N の多重化された光信号を出力する合波機能を有する。

【0007】ところで、全ての出力用チャネル導波路 6 の出力端 11 で同じコア幅を有する、従来の光波長合分波器において、1 本の入力用チャネル導波路 1 に多重化した光信号を入力した場合、出力側スラブ導波路 5 の線対称軸 15 から離れて配置された出力用チャネル導波路 6 ほど、出力される光信号の損失が大きくなるという問題があった。

【0008】図 8 は図 7 に示した出力用チャネル導波路の出力端が同じコア幅であるアレイ導波路回折格子型光波長合分波器において、出力用チャネル導波路の番号と各出力用チャネル導波路から出力される光信号の損失との関係を示す理論曲線である。同図において横軸は出力用チャネル導波路番号を示し、縦軸が損失を示す。

【0009】なお、出力用チャネル導波路の本数は 44 本であり、中央の出力用チャネル導波路の損失が基準である。出力用チャネル導波路 6 は番号順に出力側スラブ導波路 5 に接続され、22 番目の出力用チャネル導波路

3

6と23番目の出力用チャンネル導波路6が出力側スラブ導波路5の線対称軸15の最も近くに配置されている。

【0010】同図より出力用チャンネル導波路6間における損失のばらつきは2.25dBとなることが分かる。この現象は入力用チャンネル導波路1にも生じ、複数の入力用チャンネル導波路1を有する場合、入力側スラブ導波路2の線対称軸16から離れて配置された入力用チャンネル導波路1ほど、入力した光信号の損失が大きくなる。

【0011】従来の技術では、この損失のばらつきを抑えるため、各出力用チャンネル導波路6のそれぞれの出力端11においてコアの幅を異ならせていた。これにより、出力端11に接続される光ファイバとの接続損失を制御し、損失のばらつきをある程度補正することができた(特開平10-206663号公報参照)。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来技術では、出力用チャンネル導波路6の出力端11において異なったコア幅を有していたとしても、光ファイバ接続時に光ファイバがずれた場合、設計した損失増加よりも更に損失増加が生じ、各出力端によってモードフィールド径が異なるため、同量の光ファイバのずれが各出力端で生じても、各出力端で同量の損失増加とはならず、更に損失のばらつきが増加してしまうという問題があった。また、各出力用チャンネル導波路6の出力端11において異なったコア幅を有していても、設計に使用した光ファイバとは異なるモードフィールド径の光ファイバを実際に使用した場合、設計した接続損失とは異なってしまうという問題があった。

【0013】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、光ファイバ接続時の歩留まりが高く、入力用チャンネル導波路間及び出力用チャンネル導波路間における損失ばらつきが少ない光波長合分波器を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の光波長合分波器は、基板上に配置された複数のアレイ導波路からなるアレイ導波路回折格子と、アレイ導波路回折格子の入力側に配置された少なくとも1本の入力用チャンネル導波路と、入力用チャンネル導波路とアレイ導波路回折格子との間に配置された入力側スラブ導波路と、アレイ導波路回折格子の出力側に配置された複数の出力用チャンネル導波路と、出力用チャンネル導波路とアレイ導波路回折格子との間に配置された出力側スラブ導波路とを備えた光波長合分波器において、複数の出力用チャンネル導波路の少なくとも1本の出力用チャンネル導波路の途中に、入力用チャンネル導波路から入力した信号光の損失を増加させる損失増加部が設けられているものである。

【0015】上記構成に加え本発明の光波長合分波器の損失増加部は、出力用チャンネル導波路を構成するコアの形状が不連続な形状不連続部あるいはコアの屈折率が不

4

連続な屈折率不連続部で構成されていてもよい。

【0016】上記構成に加え本発明の光波長合分波器の損失増加部は、入力用チャンネル導波路から入力した信号光の導波モードが不連続となる導波モード不連続部で構成されていてもよい。

【0017】上記構成に加え本発明の光波長合分波器の損失増加部は、出力用チャンネル導波路を構成するコアよりも屈折率が小さいか、あるいはコアの周囲に存在するクラッド材と同じ材質の領域が設けられているのが好ましい。

【0018】上記構成に加え本発明の光波長合分波器の損失増加部は、出力用チャンネル導波路を構成するコアの幅よりも広いコア幅を有するか、あるいはコアよりも屈折率の大きい領域が設けられていてもよい。

【0019】上記構成に加え本発明の光波長合分波器の損失増加部は、熱照射によりコアの内部の添加物を拡散させて屈折率を小さくした領域が設けられていてもよい。

【0020】上記構成に加え本発明の光波長合分波器の出力用チャンネル導波路は、損失増加部を挟み込むように、2か所の曲線導波路部を有し、曲線導波路部はシングルモード導波路であるのが好ましい。

【0021】上記構成に加え本発明の光波長合分波器の出力用チャンネル導波路は、出力側スラブ導波路の線対称軸から外側に配置されたものほど、損失増加部による損失増加量が小さいのが好ましい。

【0022】本発明の光波長合分波器の複数の出力用チャンネル導波路に信号光を入力し、入力用チャンネル導波路から波長多重光を取り出し光波長合波器として用いてもよい。

【0023】本発明によれば、信号光の損失を増加させる損失増加部を各出力用チャンネル導波路の途中に設けることにより、光ファイバ接続時の損失のばらつきが抑えられる。また、コアの一部の幅を変えたり、屈折率の不連続部を設けて故意に信号光の回折を生じさせることにより、出力用チャンネル導波路を損失なく伝搬する光の形態である導波モードの電力の一部が散乱し、損失のばらつきが抑制される。さらに、信号光の導波モードが不連続となる部分を設けることにより、その不連続部に入射した信号光の一部の電力が、他の導波モードまたは放射モードに移行するため、その導波モードの電力が減衰し、損失のばらつきが抑制される。またさらに、損失増加部の両側にシングルモードの曲線導波路部分を設けることにより、損失増加部で発生した不要な高次導波モードや放射モードの信号光が除去され、基本導波モードのみ伝搬し、光学特性の劣化が防止される。また、熱照射により出力用チャンネル導波路を構成するコアの内部の添加物を拡散させて屈折率を小さくした領域を設ける場合、光合分波素子の製作終了後や光ファイバ接続後の損失制御が可能となるため、損失のばらつきが安定し歩留

まりが向上する。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0025】図1は本発明の光波長合分波器の一実施の形態を示す平面図である。

【0026】この光波長合分波器は、基板7上に配置された複数のアレイ導波路4からなるアレイ導波路回折格子3と、アレイ導波路回折格子3の入力側に配置された入力用チャンネル導波路1と、入力用チャンネル導波路1とアレイ導波路回折格子4との間に配置された入力側スラブ導波路2と、アレイ導波路回折格子4の出力側に配置された複数の出力用チャンネル導波路6と、出力用チャンネル導波路6とアレイ導波路回折格子3との間に配置された出力側スラブ導波路5とを有する。

【0027】出力用チャンネル導波路6は、対向する2本のシングルモードの曲線導波路10と、2本の曲線導波路10の間にそれぞれ接続された2本の直線導波路9と、2本の直線導波路9の間に形成され、入力用チャンネル導波路1から入力した信号光の損失を増加させる損失増加部としてのギャップ8とを有する。

【0028】光波長合分波器は、その構成材料に石英系の材料が用いられ、屈折率が場所にかかわらず様な材料からなるコアの周囲をコアより屈折率が一樣に小さなクラッドで埋め込んだ構造となっている。コアとクラッドとの比屈折率差 Δ は約0.8%となっている。コアの高さは約 $6\mu\text{m}$ で一樣であり、アレイ導波路4、入力用チャンネル導波路1及び出力用チャンネル導波路6のコア幅を約 $6\mu\text{m}$ としている。入力側スラブ導波路2及び出力側スラブ導波路5の焦点距離はいずれも約 14.8mm としている。入力側スラブ導波路2及び出力側スラブ導波路5とアレイ導波路回折格子3との接続部において隣接するアレイ導波路4の間隔は約 $19.6\mu\text{m}$ とし、隣接するアレイ導波路4の導波路長差は約 $47.0\mu\text{m}$ としている。アレイ導波路4の本数は例えば200本とし、入力用チャンネル導波路1の本数は1本とし、出力用チャンネル導波路6の本数は44本としているが限定されるものではない。

【0029】図2は図1に示した光波長合分波器におけるシミュレーションにより得られたギャップの長さ g とギャップで生じる過剰損失との関係を示す図である。同図において横軸はギャップ長 g を示し、縦軸は過剰損失を示す。

【0030】各出力用チャンネル導波路6に形成されたギャップ8の長さは、図2に示す関係から、各出力用チャンネル導波路6間における過剰損失のばらつきを抑えるために所望の損失増加が得られるような長さになっている。

【0031】図3は各出力用チャンネル導波路に形成されたギャップの長さ g とギャップによる過剰損失との関係を

示す図であり、横軸は出力用チャンネル導波路番号を示し、左側の縦軸はギャップ長 g を示し、右側の縦軸は過剰損失を示す。

【0032】出力用チャンネル導波路6の番号に対してギャップ長を2乗分布とし、中央に設けられた出力用チャンネル導波路6ほどギャップ長を長くして過剰損失を増加させることにより、出力用チャンネル導波路6から出力される信号光間における過剰損失のばらつきが抑制される。

【0033】次に本発明の光波長合分波器の製造方法について説明する。

【0034】あらかじめ所望のコアパターンを残すためのフォトリソグラフィ技術を用いて、基板(図1参照)7上に高さ約 $6\mu\text{m}$ のコア層を堆積させた後、フォトリソグラフィ技術を用いて不要部分のコアを除去する。ギャップ8もこの工程で製作されるため、高精度かつ再現性良く製作でき、ギャップ8で生じる損失増加量の再現性を向上させることができる。不要部分のコアを除去した後、基板7上全体にクラッド材を堆積させ、コア全体を覆うことにより光波長合分波器が得られる。

【0035】図4は本発明の光波長合分波器における出力用チャンネル導波路の番号と各出力用チャンネル導波路から出力される光信号の損失との関係を示す計算値である。同図において、横軸は出力用チャンネル導波路番号を示し、縦軸は損失を示す。同図は従来の各出力用チャンネル導波路の出力端が同じコア幅である光波長合分波器の損失を基準として作成されている。

【0036】各出力用チャンネル導波路6の出力端11において、同じコア幅を有する従来品における損失のばらつきが2.25dBであったのに対し、本発明品は0.91dBに低減しているのが分かる。

【0037】ところで、図1に示した光波長合分波器の光ファイバ18の接続方法として、光ファイバ18を一括して配置した治具17を、光波長合分波器の出力端11に取り付ける場合、損失の大きな両端の出力用チャンネル導波路6と光ファイバ18を調芯するのが好ましい。

【0038】ここで、各出力用チャンネル導波路6の出力端11の位置が、基板7の変形等により完全には整列していなかった場合には、中央付近の出力用チャンネル導波路6と光ファイバ18との接続損失が増加しやすくなる。そのため、中央の出力用チャンネル導波路6の損失が若干小さくなるように設計するのが好ましい。また、各出力用チャンネル導波路6の出力端11において異なるコア幅を有する従来品に対して同様の基板7の変形が生じた場合に比べると、光ファイバ18との接続による損失のばらつき変化は小さい。

【0039】図5は本発明の光波長合分波器のコアの他の実施の形態を示す概念図である。

【0040】図1に示した実施の形態との相違点は、各

出力用チャネル導波路 6 の途中に、出力用チャネル導波路 6 を構成するコア 12 の幅よりも広いコア幅を有する形状不連続部としての領域 13 を設けた点である。

【0041】このような領域 13 をコア 12 に設けた場合、領域 13 が図 1 に示した損失増加部として機能し、図 1 に示した実施の形態と同様の効果が得られる。領域 13 のコア幅は、この領域 13 に入射した信号光の電力がこの領域 13 のコア側壁に達するまで十分減衰される程度の幅が好ましい。

【0042】図 6 は本発明の光波長合分波器のコアの他の実施の形態を示す概念図である。

【0043】図 1 に示した実施の形態との相違点は、各出力用チャネル導波路 6 の途中に、熱照射によりコアの内部の添加物を拡散させて屈折率を小さくした屈折率不連続部としての領域 14 を設けた点である。

【0044】このような領域 14 をコア 12 に設けた場合、領域 14 が図 1 に示した損失増加部として機能し、図 1 に示した実施の形態と同様の効果が得られる。

【0045】また、各出力用チャネル導波路 6 の途中に、各出力用チャネル導波路 6 を構成するコアが不連続となるように、信号光の伝搬方向に対して垂直な方向にコアをずらしたオフセットの構造を設けても良い。さらに、各出力用チャネル導波路 6 の途中に、不純物を添加して屈折率を増加させた領域を設けたり、コアとは異なる屈折率の材料を埋め込んだ領域を設けたりしても良い。さらにまた、本実施の形態では出力用チャネル導波路 6 についてのみ述べたが、複数の入力用チャネル導波路 1 を用いる場合には、入力用チャネル導波路 1 についても上述した構成を用いることができる。

【0046】本光波長合分波器は、光波長多重通信システムにおいて、 $M \times N$ (M 、 N は整数) 周波数ルーティング装置、Add/Drop フィルタなどに使用することができる。

【0047】以上において、本発明によれば、光ファイバ接続時の歩留が向上し、かつ設計が容易であり、入力用チャネル導波路間及び出力用チャネル導波路間における損失ばらつきが抑えられた光波長合分波器の提供を実現することができる。

【0048】

【発明の効果】以上要するに本発明によれば、次のような優れた効果を発揮する。

【0049】光ファイバ接続時の歩留が向上し、かつ設計が容易であり、入力用チャネル導波路間及び出力用チャネル導波路間における損失ばらつきが抑えられた光波長合分波器の提供を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の光波長合分波器の一実施の形態を示す平面図である。

【図 2】図 1 に示した光波長合分波器におけるシミュレーションにより得られたギャップの長さギャップで生じる過剰損失との関係を示す図である。

【図 3】各出力用チャネル導波路に形成されたギャップの長さギャップによる過剰損失との関係を示す図である。

【図 4】本発明の光波長合分波器における出力用チャネル導波路の番号と各出力用チャネル導波路から出力される光信号の損失との関係を示す計算値である。

【図 5】本発明の光波長合分波器のコアの他の実施の形態を示す概念図である。

【図 6】本発明の光波長合分波器のコアの他の実施の形態を示す概念図である。

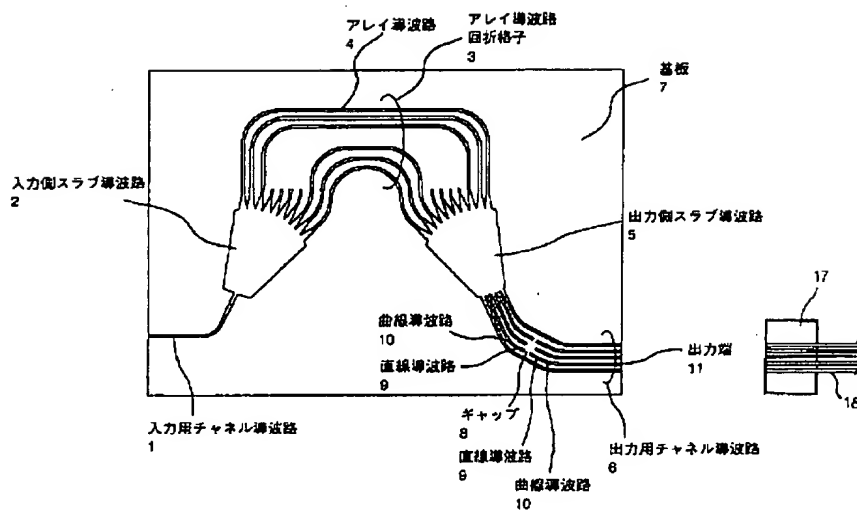
【図 7】従来のアレイ導波路回折格子型光波長合分波器の平面図である。

【図 8】図 7 に示した出力用チャネル導波路の出力端が同じコア幅であるアレイ導波路回折格子型光波長合分波器において、出力用チャネル導波路の番号と各出力用チャネル導波路から出力される光信号の損失との関係を示す理論曲線である。

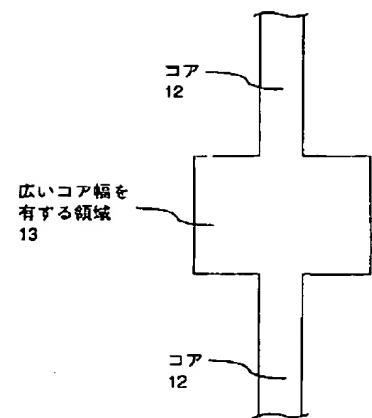
【符号の説明】

- 1 入力用チャネル導波路
- 3 アレイ導波路回折格子
- 6 出力用チャネル導波路
- 8 損失増加部 (ギャップ)
- 9 直線導波路
- 10 曲線導波路

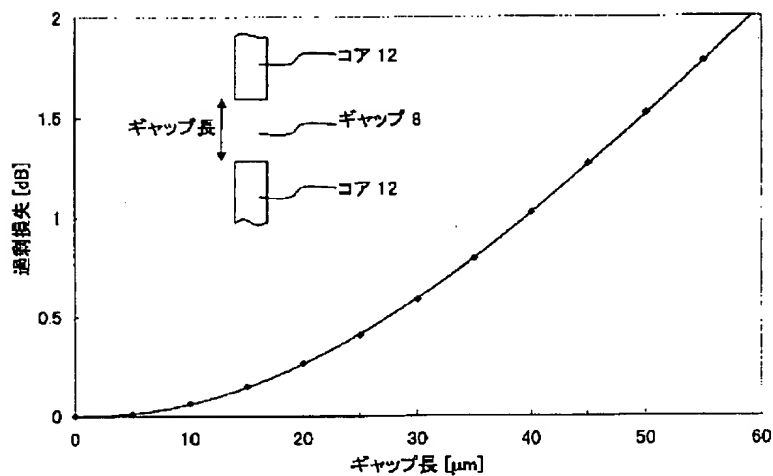
【図 1】



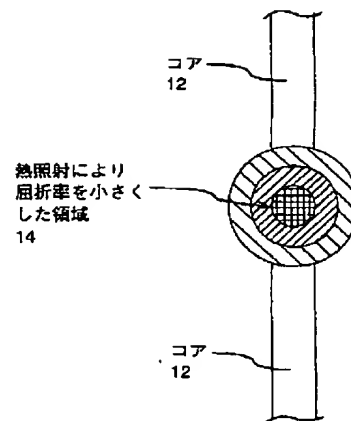
【図 5】



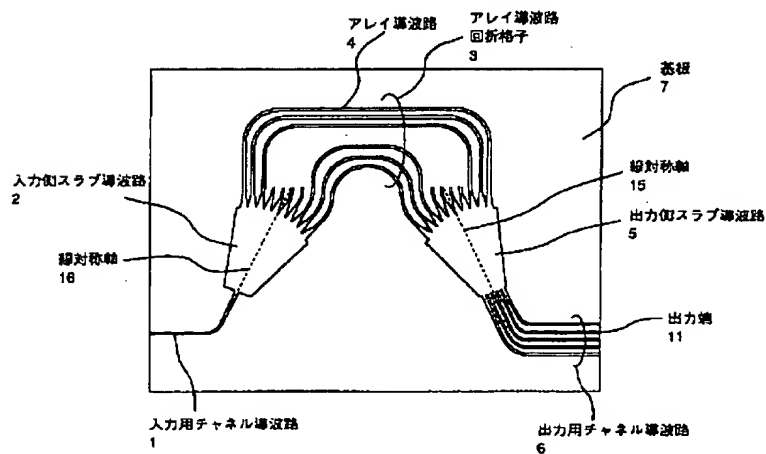
【図 2】



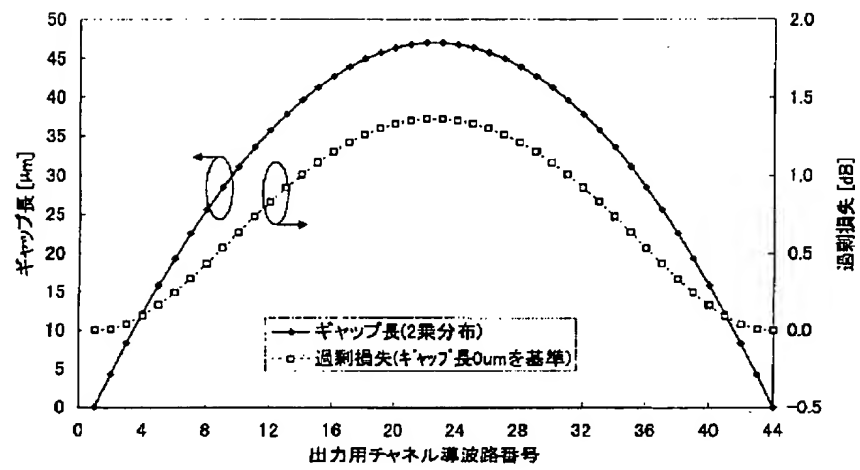
【図 6】



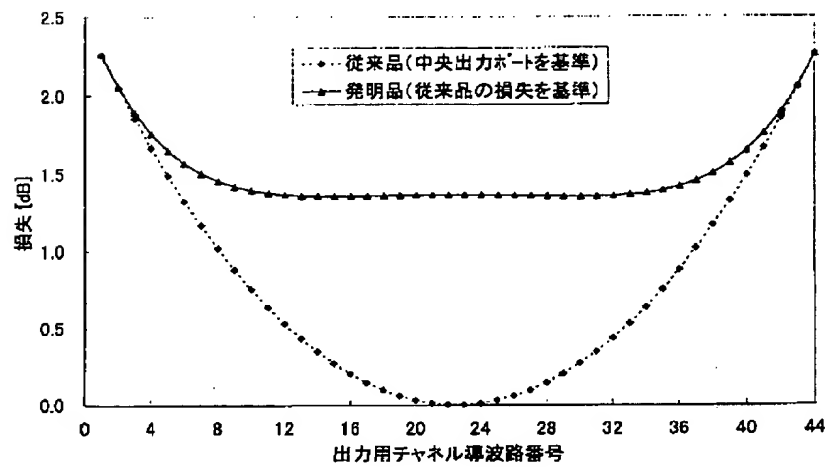
【図 7】



【図3】



【図4】



【図8】

